

Process and apparatus for the treatment of surfaces using an electric after-glow in a flowing gas.

Publication number: EP0305241

Publication date: 1989-03-01

Inventor: RICARD ANDRE; PILORGET ANDRE; MICHEL HENRI;
GANTOIS MICHEL

Applicant: CENTRE NAT RECH SCIENT (FR)

Classification:

- international: C23C8/36; C23C8/06; (IPC1-7): C23C8/36

- European: C23C8/36

Application number: EP19880401950 19880727

Priority number(s): FR19870010638 19870727

Also published as:

FR2618796 (A1)

Cited documents:

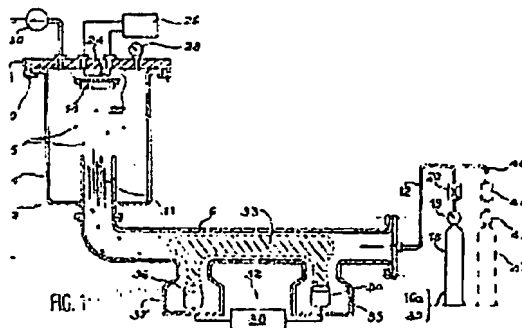
EP0016909

JP58185763

Report a data error here

Abstract of EP0305241

To treat the surface of a solid object (14) in a specified manner, an electrical discharge is formed in a flowing gas, capable of generating as a result of this discharge a plasma (33) containing neutral activated species (15) which are capable of performing the surface treatment of the solid object, the discharge being formed so that only these neutral activated species remain in the post-discharge induced by the plasma downstream of the latter and the object is arranged downstream of the plasma, outside any electrical field and exposed to the neutral activated species which thus treat its surface in the absence of charged species. Application to the surface treatment of metal components.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

12

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

21 Numéro de dépôt: 88401950.6

81 Int. Cl.⁴: **C 23 C 8/36**

22 Date de dépôt: 27.07.88

30 Priorité: 27.07.87 FR 8710638

43 Date de publication de la demande:
01.03.89 Bulletin 89/09

64 Etats contractants désignés:
AT BE CH DE ES FR GB GR IT LI LU NL SE

71 Demandeur: **CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE (CNRS)**
15, Quai Anatole France
F-75700 Paris Cedex 07 (FR)

72 Inventeur: **Ricard, André**
32, Bois du Roi
F-91940 Les Ulis (FR)

Pilorget, André
18 Avenue de la Croix Boisée
F-78330 Bonnelles (FR)

Michel, Henri
63, rue Gounod
F-54500 Vandœuvre-les-Nancy (FR)

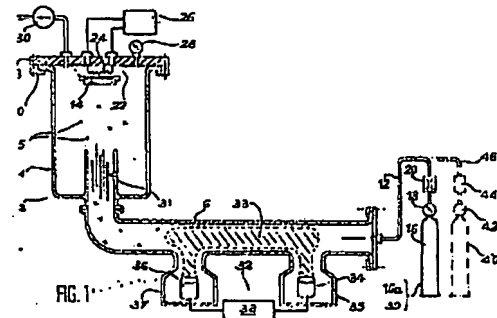
Gentols, Michel
6, rue Guerrier de Dumast
F-54000 Nancy (FR)

74 Mandataire: **Mongrédien, André et al**
c/o **BREVATOME 25**, rue de Ponthieu
F-75008 Paris (FR)

54 Procédé de traitement de surfaces, utilisant une post-décharge électrique dans un gaz en écoulement et dispositif pour la mise en œuvre de ce procédé.

57 Selon l'invention, pour traiter en surface un objet solide (14) de façon déterminée, on forme une décharge électrique dans un gaz en écoulement, capable d'engendrer du fait de cette décharge un plasma (33) contenant des espèces activées neutres (15) qui sont aptes à réaliser le traitement de surface de l'objet solide, la décharge étant formée de façon à ce que seules ces espèces activées neutres subsistent dans la post-décharge induite par le plasma en aval de celui-ci et l'objet est disposé en aval du plasma, en dehors de tout champ électrique, et exposé aux espèces activées neutres qui traitent ainsi sa surface, en l'absence d'espèces chargées.

Application au traitement de surfaces de pièces métalliques.



Description

PROCEDE DE TRAITEMENT DE SURFACES, UTILISANT UNE POST-DECHARGE ELECTRIQUE DANS UN GAZ EN ECOULEMENT ET DISPOSITIF POUR LA MISE EN OEUVRE DE CE PROCEDE

La présente invention concerne un procédé de traitement de surfaces, utilisant une post-décharge électrique dans un gaz en écoulement ainsi qu'un dispositif pour la mise en oeuvre de ce procédé. Elle s'applique notamment aux traitements thermochimiques de pièces métalliques, tels que la nitruration, la carburation, la boruration et l'oxydation.

On connaît déjà une technique permettant d'effectuer un traitement déterminé de la surface d'un objet électriquement conducteur, technique selon laquelle, à une pression de l'ordre de 100 Pa, on crée une tension électrique entre une électrode jouant le rôle d'anode et l'objet jouant le rôle de cathode. On obtient ainsi une décharge électrique entre l'anode et l'objet. En outre, ceux-ci sont placés dans un gaz capable d'engendrer à la suite de la décharge, un plasma contenant des espèces activées aptes à réaliser le traitement de surface de l'objet et des espèces ionisées qui chauffent l'objet formant la cathode.

Cette technique connue présente les inconvénients suivants : l'objet, qui est exposé à la décharge électrique, est impérativement électriquement conducteur pour jouer le rôle de cathode et, du fait de la décharge électrique à laquelle il est exposé, cet objet est simultanément chauffé et traité par le plasma, sans que l'on puisse séparer ces deux fonctions de chauffage et de traitement.

La présente invention a pour but de remédier aux inconvénients précédents.

Elle a tout d'abord pour objet un procédé pour effectuer un traitement déterminé de la surface d'un objet solide, caractérisé en ce qu'il comprend la formation d'une décharge électrique dans un gaz en écoulement, choisi de façon à être capable d'engendrer à la suite de cette décharge, un plasma contenant des espèces activées (électriquement) neutres qui sont aptes à réaliser le traitement de surface de l'objet solide, la décharge étant formée de façon à ce que seules ces espèces activées neutres subsistent dans la post-décharge induite par le plasma en aval de celui-ci et en ce que l'objet est disposé en aval du plasma, en dehors de tout champ électrique, et exposé aux espèces activées neutres qui traitent ainsi sa surface, en l'absence d'espèces chargées (ions, électrons) qui, si elles étaient présentes, formeraient une gaine électrostatique autour de l'objet, ce qui perturberait le traitement de cet objet.

Selon l'invention, on choisit un gaz qui est capable d'engendrer du fait de la décharge électrique un plasma contenant des espèces activées neutres qui d'une part sont capables de réaliser le traitement de surface voulu et d'autre part subsistent pendant un temps suffisant pour pouvoir atteindre la surface de l'objet et traiter cette surface.

Dans la présente invention, l'objet à traiter est placé en dehors de tout champ électrique, ce qui est avantageux : la présence d'un champ électrique résiduel, mal contrôlé, au niveau de l'objet, pourrait

perturber le fonctionnement du plasma et produire des inhomogénéités dans le traitement de l'objet. De plus, ce dernier ne joue aucun rôle de cathode et peut donc être électriquement conducteur ou électriquement isolant ou encore semi-conducteur.

En outre, étant donné que l'objet n'est pas directement exposé à la décharge électrique produite, on peut maîtriser le chauffage de cet objet indépendamment de la décharge.

Selon un mode de mise en oeuvre particulier du procédé objet de l'invention, la décharge électrique est obtenue en créant une tension électrique entre deux électrodes placées le long de l'écoulement gazeux et en dehors de celui-ci. Alors, le champ électrique, qui est localisé entre les électrodes, est effectivement nul au niveau de l'objet. La tension électrique peut être continue ou alternative ou encore alternative redressée. La pression du gaz peut être comprise entre environ 10^{-2} Pa et environ 5.10^5 Pa mais, de préférence, elle est comprise entre environ 1 Pa et environ 10^3 Pa pour des questions de stabilité de plasma.

Selon un autre mode de mise en oeuvre particulier, la décharge électrique est obtenue à l'aide de micro-ondes engendrées à l'extérieur de l'écoulement gazeux et envoyées dans celui-ci, la pression du gaz étant comprise entre environ 5.10^3 Pa et environ 5.10^5 Pa. On travaille ainsi à forte pression avec un plasma de faible dimension. Le champ électrique, dont la propagation est limitée au plasma, est alors tout à fait négligeable au niveau de l'objet. A basse pression, le plasma pouvant atteindre de grandes dimensions, on risquerait d'obtenir un champ électrique non négligeable au niveau de cet objet. De préférence, la pression est comprise entre environ 10^5 Pa et environ 5.10^5 Pa. En effet, comme la pression du gaz est alors supérieure ou égale à la pression atmosphérique, aucun système de pompage n'est nécessaire pour la mise en oeuvre du procédé de traitement.

Le procédé objet de l'invention peut comprendre en outre un chauffage de l'objet indépendamment de la décharge.

De plus, le gaz peut être un gaz moléculaire tel que H_2 , N_2 , O_2 , CH_4 ou B_2H_6 , éventuellement additionné d'un gaz rare, ou un mélange d'au moins deux tels gaz moléculaires, éventuellement additionné d'un gaz rare.

La présente invention concerne également un dispositif pour effectuer un traitement déterminé de la surface d'un objet solide, caractérisé en ce qu'il comprend :

- une enceinte,
- des moyens de création d'un écoulement dans l'enceinte et d'une extrémité à l'autre de celle-ci, d'un gaz apte à engendrer, lorsqu'une décharge électrique s'y produit, un plasma contenant des espèces activées neutres qui sont aptes à réaliser le traitement de surface de l'objet solide,
- des moyens de création de la décharge électrique

dans une région de l'enceinte et de façon que seules les espèces activées neutres subsistent dans la post-décharge induite dans l'enceinte par le plasma, en aval de ce dernier, et

- des moyens de support de l'objet, disposés dans l'enceinte en dehors de ladite région et de tout champ électrique, entre cette région et ladite autre extrémité de l'enceinte, de façon que l'objet soit exposé aux espèces activées neutres et traité par celles-ci en surface, en l'absence d'espèces chargées.

Selon un mode de réalisation particulier du dispositif objet de l'invention, les moyens de création de la décharge électrique comprennent deux électrodes disposées au niveau de ladite région de l'enceinte et de façon qu'elles soient placées le long de l'écoulement et en dehors de celui-ci, et des moyens pour créer entre ces électrodes une tension électrique.

Selon un autre mode de réalisation particulier, le dispositif comprend en outre des moyens permettant de régler la pression du gaz à une valeur comprise entre environ 5.10^3 Pa et environ 5.10^5 Pa, et les moyens de création de la décharge électrique comprennent des moyens placés à l'extérieur de l'enceinte et prévus pour engendrer des micro-ondes et envoyer celles-ci dans ladite région de l'enceinte, à travers une portion de paroi de cette enceinte, au moins cette portion étant transparente aux micro-ondes.

Enfin, le dispositif de l'invention peut comprendre des moyens de chauffage de l'objet à traiter.

La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit, d'exemples de réalisation donnés à titre purement indicatif et nullement limitatif, en référence aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique d'un mode de réalisation particulier du dispositif objet de l'invention, et

- la figure 2 est une vue schématique d'un autre mode de réalisation particulier de ce dispositif.

Sur la figure 1, on a représenté schématiquement un mode de réalisation particulier du dispositif objet de l'invention. Le dispositif représenté sur la figure 1 comprend une enceinte 2 composée d'une première partie 4 appelée "réacteur", de forme cylindrique, par exemple en Pyrex, et d'une seconde partie 6 en forme de tube également en Pyrex, dont une extrémité est raccordée de façon étanche à une extrémité du réacteur.

L'autre extrémité de ce réacteur 4 est fermée de façon étanche par une plaque 8. La plaque 8 est amovible, la liaison entre celle-ci et le réacteur étant effectuée au moyen d'une bride 10.

L'autre extrémité du tube 6 est fermée de façon étanche et traversée, de façon également étanche, par un conduit 12 qui débouche ainsi dans le tube 6 par une extrémité.

Le dispositif représenté sur la figure 1 étant destiné à effectuer un traitement déterminé de la surface d'un objet 14, l'autre extrémité du conduit 12 est reliée à une bouteille 16 qui contient un gaz sous pression approprié audit traitement et qui est munie d'un déterateur 18. En outre, un débitmètre ou de

préférence un moyen de mesure de débit en masse 20, est monté sur le conduit 12.

Sur la face de la plaque 8, qui se trouve en regard de l'intérieur du réacteur 4, est monté un support 22 destiné à porter l'objet à traiter 14. Ce support 22 est muni de moyens de chauffage résistif 24 tels qu'une résistance électrique, en vue de chauffer l'objet 14 par effet Joule au cours du traitement de cet objet. La résistance 24 est reliée à une source de courant électrique 26 par l'intermédiaire de conducteurs électriques qui traversent la plaque 8 par des passages électriquement isolants. Sur la plaque 8 est également prévue une jauge de pression 28 destinée à la mesure de la pression à l'intérieur de l'enceinte 2.

Des moyens de pompage 30 communiquent, par l'intermédiaire d'une canalisation traversant la plaque 8 de façon étanche, avec l'intérieur de l'enceinte 2 et sont prévus pour pomper le gaz qui est amené à l'enceinte 2 par le conduit 12 et qui s'écoule du tube 6 vers le réacteur 4.

Un élément tubulaire 31 en Pyrex prolonge le tube 6 à l'intérieur du réacteur 4. Une extrémité de cet élément 31 est fixée à la paroi du réacteur 4 en regard de ladite extrémité du tube 6 et l'autre extrémité de l'élément 31 est en regard du support 22.

Le dispositif représenté sur la figure 1 comprend également des moyens 32 de production d'un plasma 33 dans le tube 6. Ces moyens 32 comprennent, du côté de l'autre extrémité du tube 6, une électrode cylindrique 34 jouant le rôle d'anode et, en aval de cette électrode (vis-à-vis de l'écoulement de gaz) une autre électrode cylindrique 36 jouant le rôle de cathode.

Les électrodes 34 et 36 sont respectivement placées dans deux logements 35 et 37 en Pyrex qui sont raccordés de façon étanche au tube 6 et ces électrodes sont séparées l'une de l'autre d'une distance suffisante, par exemple de l'ordre de quelques dizaines de centimètres, pour disposer d'une colonne de plasma importante dans ce tube.

Les électrodes 34 et 36 sont ainsi intérieures à l'enceinte 2 (électrodes internes) et placées le long de l'écoulement gazeux, en des positions qui leur évitent de perturber le plasma 33 en écoulement.

Les électrodes 34 et 36 sont reliées par l'intermédiaire de conducteurs électriques traversant respectivement les parois des logements 35 et 37, à des moyens 38 permettant d'établir une tension électrique continue entre les électrodes 34 et 36. En variante, ces moyens 38 sont prévus pour établir une tension électrique alternative, ou pour établir une tension alternative redressée, entre les électrodes 34 et 36.

La fréquence de la tension alternative peut être choisie dans le domaine allant des basses fréquences aux radiofréquences.

Le traitement de l'objet 14 est effectué de la façon suivante : lorsque le gaz s'écoule en allant du tube 6 au réacteur 4, on établit ladite tension électrique entre les électrodes, entre lesquelles se forme alors une décharge électrique, ce qui crée un plasma entre ces électrodes.

Par ailleurs, le gaz est choisi de façon à donner

naissance dans le plasma des espèces activées neutres 15 particulières, qui d'une part sont capables d'effectuer le traitement de l'objet et d'autre part ont une durée de vie suffisante pour demeurer dans la post-décharge et atteindre la surface de l'objet pour traiter celle-ci (après quoi elles sont aspirées grâce aux moyens de pompage 30).

L'élément tubulaire 31 a pour fonction d'empêcher le ralentissement et la dispersion des espèces activées neutres 15 à leur arrivée dans le réacteur 4.

On peut dire que l'objet 14 est placé à une distance suffisamment faible de l'élément tubulaire 31 pour capter le flux des espèces activées neutres en question.

Le traitement de l'objet 14 peut nécessiter non pas un seul gaz mais un mélange de plusieurs gaz, deux par exemple. A cet effet, on peut utiliser une seule bouteille 16a contenant le mélange souhaité, ou utiliser deux bouteilles de gaz, l'une référencée 39 contenant l'un des deux gaz et l'autre référencée 40 contenant l'autre gaz. Cette autre bouteille 40 est munie d'un détendeur 42 et d'un conduit 46 permettant l'amenée du gaz dans le tube 6, ce conduit 46 pouvant rejoindre le conduit 12 de manière à obtenir une entrée commune des deux gaz dans le tube 6. Un autre débitmètre 44, de préférence constitué par des moyens de mesure de débit en masse, est également prévu sur le conduit 46.

Dans le traitement de l'objet 14, la pression dans l'enceinte 2, le débit du gaz ou les débits respectifs des gaz, la valeur de la tension électrique continue (ou la valeur maximale de la tension alternative éventuellement redressée) et sa fréquence) appliquée entre les électrodes et la température (supérieure à la température ambiante) à laquelle est éventuellement porté l'objet 14 sont ajustés aux valeurs souhaitées.

Sur la figure 2, on a représenté schématiquement une variante de réalisation du dispositif, dans laquelle les moyens 32 ne comportent plus d'électrode à l'intérieur du tube 6 mais comprennent des moyens 48, 50, 52 permettant d'engendrer un plasma à partir de l'extérieur du tube 6, à savoir des moyens prévus pour envoyer des micro-ondes à l'intérieur du tube 6, toujours du côté de l'autre extrémité de celui-ci, de manière à pouvoir former un plasma 53 au même endroit que dans la réalisation représentée sur la figure 1. Les moyens 32 peuvent ainsi comprendre un coupleur hyperfréquence 48 alimenté par un générateur de micro-ondes 50 et relié à ce dernier par l'intermédiaire d'un guide d'onde 52.

Le coupleur hyperfréquence 48 peut être du genre de ceux qui permettent d'injecter une onde progressive de surface dans la colonne de plasma. Il peut s'agir d'un coupleur du type SURFAGUIDE.

Par ailleurs, dans le cas de l'utilisation de micro-ondes, la pression dans l'enceinte 2 est ajustée à une valeur comprise entre 5.10^3 Pa et 5.10^5 Pa environ.

Lorsque l'on souhaite ajuster la pression dans l'enceinte à une valeur supérieure ou égale à la pression atmosphérique, les moyens 30 et la canalisation associée sont supprimés et remplacés

par des moyens (non représentés) permettant la sortie du gaz de l'enceinte sans rentrée d'air dans celle-ci.

L'objet 14 peut être fait d'un métal ou d'un alliage métallique. Lorsque ce métal ou cet alliage métallique est susceptible de réagir avec l'azote, le traitement de l'objet peut être un traitement thermo-chimique de nitruration. Un tel traitement peut s'appliquer aux alliages ferreux, au titane et aux alliages de ce dernier par exemple.

Ce traitement chimique de nitruration peut être réalisé de manière à conduire à la synthèse de composés du type nitrure, susceptibles d'être élaborés sous forme d'un revêtement.

Dans l'art antérieur, un tel revêtement peut être obtenu à partir de vapeurs métalliques et d'une technique de dépôt physique en phase vapeur (P.V.D.) ou à partir de composés chimiques gazeux et d'une technique de dépôt chimique en phase vapeur (C.V.D.).

L'utilisation d'une post-décharge conformément à la présente invention s'étend à d'autres traitements que le traitement de nitruration (dans lequel le gaz utilisé est l'azote ou un mélange d'azote et d'un gaz rare tel que l'argon) : le traitement peut être un traitement de carburation, de boruration ou d'oxydation, ou encore un traitement mixte, à savoir une carbonitruration, une oxynitruration ...

Dans le cas d'un traitement de carburation, on peut utiliser comme gaz CH_4 .

Dans le cas d'un traitement de boruration, on peut utiliser comme gaz B_2H_6 .

Dans le cas d'un traitement d'oxydation, on peut utiliser comme gaz l'oxygène ou un mélange d'oxygène et d'un gaz rare tel que l'argon.

Dans le cas d'un traitement mixte, on peut utiliser comme gaz un mélange $\text{N}_2\text{-CH}_4$ pour une carbonitruration, un mélange $\text{N}_2\text{-O}_2$ pour une oxynitruration...

Dans la présente invention, on peut également utiliser en tant que gaz un mélange d'hydrogène et d'azote (ou un mélange d'hydrogène, d'azote et d'un gaz rare tel que l'argon) pour un traitement de nitruration.

L'objet 14 peut également être un objet non conducteur de l'électricité, par exemple un objet en silicium ou un composé semiconducteur III-V, en GaAs par exemple. Le traitement de surface d'un tel objet peut être une nitruration et le gaz utilisable pour un tel traitement peut être l'azote.

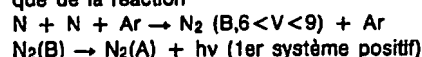
La présente invention utilise en fait la constatation suivante : seules certaines espèces activées neutres demeurent dans une post-décharge (obtenue conformément à l'invention), en régime d'écoulement, à savoir les atomes comme H (le gaz étant H_2 ou un mélange de celui-ci et d'argon par exemple), N (le gaz étant N_2 ou un mélange de celui-ci et d'argon par exemple) et O (le gaz étant O_2 ou un mélange de celui-ci et d'argon par exemple), et certains états métastables comme N_2 (X, V) (le gaz étant N_2 ou un mélange de celui-ci et d'un gaz rare tel que l'argon) et comme O_2 ($^1\Delta$) (le gaz étant l'oxygène ou un mélange de celui-ci et d'un gaz rare tel que l'argon) qui sont relativement insensibles aux collisions sur les parois froides de l'enceinte.

On a déjà vu que l'on pouvait utiliser, dans la présente invention, des électrodes internes placées le long de l'écoulement et, pour obtenir une décharge électrique, appliquer entre ces électrodes une tension électrique continue ou une tension électrique alternative. La fréquence de cette tension alternative peut être choisie dans un domaine allant des basses fréquences (fréquences de quelques centaines de Hz) jusqu'aux radiofréquences (13,6 MHz par exemple).

Pour créer le plasma, une excitation externe à l'enceinte, utilisant une cavité micro-ondes, peut également être utilisée.

Les décharges utilisant les micro-ondes peuvent être réalisées dans un vaste domaine de fréquences, depuis environ 210 MHz jusqu'à environ 2,45 GHz comme cela a été montré dans un article de C. BOISSE-LAPORTE et al. publié dans la revue J. Appl. Physics 61(5), 1er mars 1987, pages 1740 à 1746.

Dans une expérience réalisée à Montréal par J. HUBERT et al. et décrite dans Spectrochimica Acta, 338 (1979), volume 33b, pages 1 à 10, une décharge micro-onde à la pression atmosphérique d'un mélange argon-azote, a produit une post-décharge rouge-orange observable à la lumière ambiante. Une telle post-luminescence est caractéristique de la réaction



Sa présence indique l'existence de fortes concentrations d'atomes d'azote dans la post-décharge.

On sait aussi par un article de A. RICARD présenté à la 17ème Conférence Internationale sur les phénomènes dans les gaz ionisés, qui s'est tenue à Budapest en 1985, que dans une post-décharge d'un plasma réalisé dans un écoulement d'azote dans un tube, au moyen d'une décharge électrique en courant continu réalisée dans ce tube, la pression d'azote étant de l'ordre de 200 Pa, le rayon du tube étant de 1 cm, un centième de seconde après une telle décharge électrique, on observe encore des concentrations d'atomes N très élevées de l'ordre de 10^{15} cm^{-3} et des populations d'azote $\text{N}_2 (X, V=10)$ également très élevées, de l'ordre de 10^{14} cm^{-3} . Dans la présente invention, une post-décharge de ce type peut être utilisée pour un traitement de nitruration par exemple.

A titre purement indicatif et nullement limitatif, l'objet 14 est un échantillon de fer ARMCO ou un échantillon d'acier XC 10 ; le traitement est une nitruration ; le gaz utilisé est l'azote ; l'objet est porté à une température de l'ordre de 550°C par chauffage indirect ; la décharge est réalisée dans un tube 6 en pyrex de 20 mm de diamètre ; la pression d'azote est comprise entre 100 et 500 Pa ; le débit d'azote est de l'ordre de $2 \text{ à } 5 \text{ cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$; on utilise des électrodes internes et un courant de l'ordre de 50 à 100 mA. On obtient ainsi des espèces activées de type $\text{N}_2 (X, V)$ et N dont les concentrations mesurées en décharge et en post-décharge ont été indiquées plus haut. Ceci permet de réaliser sur l'échantillon une couche de diffusion ainsi qu'une couche de nitrure de fer $\gamma\text{Fe}_4\text{N}$ dont les teneurs en azote et les épaisseurs sont conformes aux lois de la diffusion dans le système Fe-N. Ces couches présentent de

plus des caractéristiques métallurgiques comparables à celles que l'on obtient par un procédé classique de nitruration ionique.

Revendications

1. Procédé pour effectuer un traitement déterminé de la surface d'un objet solide (14), caractérisé en ce qu'il comprend la formation d'une décharge électrique dans un gaz en écoulement, choisi de façon à être capable d'engendrer à la suite de cette décharge, un plasma contenant des espèces activées neutres qui sont aptes à réaliser le traitement de surface de l'objet solide, la décharge étant formée de façon à ce que seules ces espèces activées neutres subsistent dans la post-décharge induite par le plasma en aval de celui-ci et en ce que l'objet est disposé en aval du plasma, en dehors de tout champ électrique, et exposé aux espèces activées neutres qui traitent ainsi sa surface en l'absence d'espèces chargées.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la décharge électrique est obtenue en créant une tension électrique entre deux électrodes (34, 36) placées le long de l'écoulement gazeux et en dehors de celui-ci.

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que la pression du gaz est comprise entre environ 10^{-2} Pa et environ 5.10^5 Pa.

4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que la pression du gaz est comprise entre environ 1 Pa et environ 10^3 Pa.

5. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la décharge électrique est obtenue à l'aide de micro-ondes engendrées à l'extérieur de l'écoulement gazeux et envoyées dans celui-ci, la pression du gaz étant comprise entre environ 5.10^3 Pa et environ 5.10^5 Pa.

6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que la pression du gaz est comprise entre environ 10^5 Pa et environ 5.10^5 Pa.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que l'objet est chauffé indépendamment de la décharge.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le gaz est un gaz moléculaire tel que H_2 , N_2 , O_2 , CH_4 ou B_2H_6 , éventuellement additionné d'un gaz rare, ou un mélange d'au moins deux tels gaz moléculaires, éventuellement additionné d'un gaz rare.

9. Dispositif pour effectuer un traitement déterminé de la surface d'un objet solide (14), caractérisé en ce qu'il comprend :

- une enceinte (2),
- des moyens (12, 16, 18, 30, 40, 42) de création d'un écoulement, dans l'enceinte et d'une extrémité à l'autre de celle-ci, d'un gaz apte à engendrer lorsqu'une décharge électrique s'y produit, un plasma contenant des espèces activées neutres qui sont aptes à réaliser le traitement de surface de l'objet solide,
- des moyens (32) de création de la décharge

électrique dans une région de l'enceinte et de façon que seules les espèces activées neutres subsistent dans la post-décharge induite dans l'enceinte par le plasma, en aval de ce dernier, et

- des moyens (22) de support de l'objet, disposés dans l'enceinte en dehors de ladite région et de tout champ électrique, entre cette région et ladite autre extrémité de l'enceinte, de façon que l'objet (14) soit exposé aux espèces activées neutres et traité par celles-ci en surface, en l'absence d'espèces chargées.

10. Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce que les moyens (32) de création de la décharge électrique comprennent deux électrodes (34, 36) disposées au niveau de ladite région de l'enceinte (2) et de façon qu'elles soient placées le long de l'écoulement et en dehors de celui-ci, et des moyens (38) pour créer entre ces électrodes une tension électrique.

11. Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens permet-

tant de régler la pression du gaz à une valeur comprise entre environ 5.10^3 Pa et environ 5.10^5 Pa et en ce que les moyens (32) de création de la décharge électrique comprennent des moyens (48, 50, 52) placés à l'extérieur de l'enceinte (2) et prévus pour engendrer des micro-ondes et envoyer celles-ci dans ladite région de l'enceinte, à travers une portion de paroi de cette enceinte, au moins cette portion étant transparente aux micro-ondes.

12. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 9 à 11, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens (24, 26) de chauffage de l'objet (14).

13. Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce que l'enceinte comprend une première partie (4) qui contient le support (22) de l'objet et une seconde partie (6) dans laquelle est créé le plasma et qui est raccordée de façon étanche à la première partie et se prolonge dans celle-ci par un élément tubulaire (31) qui est en regard dudit support (22).

25

30

35

40

45

50

55

60

65

6

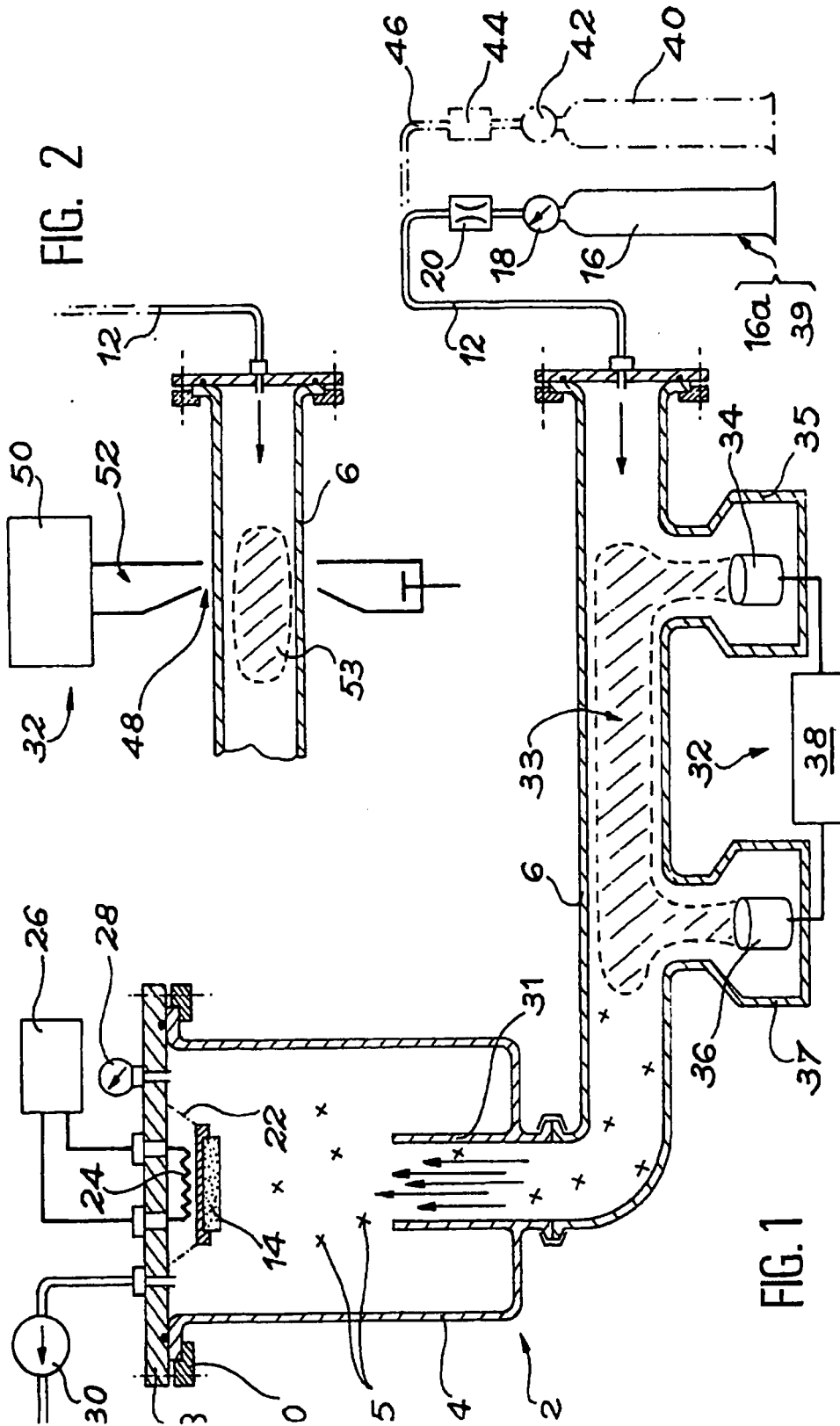


FIG. 2

FIG. 1



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 88 40 1950

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.4)
X	ADVANCES IN LOW-TEMPERATURE PLASMA CHEMISTRY, TECHNOLOGY, APPLICATIONS, vol. 1, 1984, pages 53-79, Technomic Publ. Co., Lancaster, US; O. MATSUMOTO: "Metal nitride film formation in plasmas" * Page 65, paragraphes 2,3,4 * ---	1,3,5,7 -9,11- 13	C 23 C 8/36
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, vol. 8, no. 19 (C-207) [1456], 26 janvier 1984; & JP-A-58 185 763 (TOKYO SHIBAURA DENKI K.K.) 29.10.1983 * Résumé * ---	1,7-9, 12,13	
A	EP-A-0 016 909 (IBM) * Revendications 1,5 * -----	1,3,8,9	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.4)
			C 23 C
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 04-11-1988	Examineur PATTERSON A.M.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ----- & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			